



Office de la Propriété  
Intellectuelle  
du Canada

Un organisme  
d'Industrie Canada

Canadian  
Intellectual Property  
Office

An agency of  
Industry Canada

CA 2099526 C 2005/06/21

(11)(21) 2 099 526

(12) BREVET CANADIEN  
CANADIAN PATENT

(13) C

(22) Date de dépôt/Filing Date: 1993/07/02

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1995/01/03

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2005/06/21

(51) Cl.Int.<sup>5</sup>/Int.Cl.<sup>5</sup> C10M 105/00, B21B 27/06, H01M 4/40

(72) Inventeurs/Inventors:

ARMAND, MICHEL, FR;  
GAUTHIER, MICHEL, CA;  
BOUCHARD, PATRICK, CA;  
GUERIN, PAUL-EMILE, CA

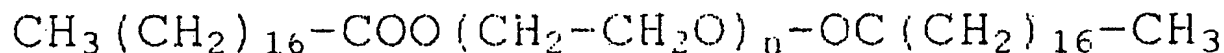
(73) Propriétaire/Owner:

HYDRO-QUEBEC, CA

(74) Agent: OGILVY RENAULT

(54) Titre : ADDITIFS POUR LUBRIFIANTS UTILISES DANS LE LAMINAGE DE FEUILLARDS DE LITHIUM EN FILMS MINCES

(54) Title: LUBRICANT ADDITIVES USED IN THIN FILM ROLLING OF LITHIUM STRIPS



(57) Abrégé/Abstract:

Ces additifs sont représentés par la formule générale suivante: L-A-B dans laquelle L désigne un radical hydrocarboné servant de segment lubrifiant, B désigne un segment oligomère servant de segment solvant des sels métalliques et A désigne un lien chimique unissant le radical hydrocarboné et le segment oligomère. Avec ces additifs, il n'y a plus nécessité de laver ultérieurement la surface de lithium laminé.

Canada

<http://opic.gc.ca> • Ottawa-Hull K1A 0C9 • <http://cipo.gc.ca>

OPIC • CIPQ 191

OPIC



CIPQ

BEST AVAILABLE COPY

**ABRÉGÉ DESCRIPTIF**

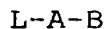
Ces additifs sont représentés par la formule générale suivante:

5 L-A-B

dans laquelle L désigne un radical hydrocarboné servant de segment lubrifiant, B désigne un segment oligomère servant de segment solvantant des sels métalliques et A désigne un lien chimique unissant le radical hydrocarbure et le segment oligomère. Avec ces additifs, il n'y a plus  
10 nécessité de laver ultérieurement la surface de lithium laminé.

REVENDEICATIONS

1. Un feuillard de métal alcalin ou d'un alliage de ce dernier, comportant une couche d'un additif non  
5 volatil, constituant un agent lubrifiant, ledit feuillard étant destiné à être utilisé dans une cellule électrochimique fonctionnant avec un électrolyte polymère alors que ladite couche demeure entre ledit feuillard et ledit électrolyte polymère,  
10 ledit additif étant caractérisé en ce qu'il est compatible avec le lithium et comporte au moins une séquence de formule générale:



dans laquelle

15 L désigne un radical hydrocarboné renfermant plus de 8 atomes de carbone;

B désigne un segment oligomère comportant des hétéroatomes O ou N, et capable de solvater des sels métalliques et d'assurer une conductivité  
20 électrolytique à l'additif; et

A désigne un lien ou un groupement chimique unissant le radical hydrocarboné L et le segment oligomère B.

25

2. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce que le segment oligomère B est relié à un groupement terminal pour former une séquence L-A-B-T, ledit groupement terminal T ayant une faible  
30 réactivité vis-à-vis le lithium.

3. Feuillard selon la revendication 2, caractérisé en ce que le groupement terminal T correspond à la formule A'-L' dans laquelle A' et L' répondent aux  
35 mêmes définitions que A et L et sont identiques ou différents de ces derniers.

4. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce que L désigne un radical alkyle, alkylène, linéaire ou cyclique, ou aryl-alkyle, saturé ou non renfermant plus de 8 atomes de carbone.

5

5. Feuillard selon la revendications 1, caractérisé en ce que B désigne une chaîne à base d'oxyde d'éthylène, d'oxyde de propylène ou de poly(N-méthyl-éthylèneimine) ou une combinaison de ces derniers.

10

6. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce que A représente un groupement chimique au moins divalent.

15

7. Feuillard selon la revendication 6, caractérisé en ce que A représente -COO- ou O.

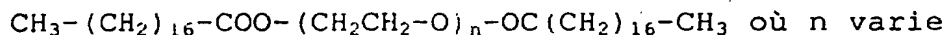
8. Feuillard selon la revendication 2, caractérisé en ce que T représente un groupement ionophore.

20

9. Feuillard selon la revendication 2, caractérisé en ce que T représente un groupement polymérisable ou susceptible d'être incorporé dans au moins une des unités de répétition constitutives de l'électrolyte polymère.

25

10. Feuillard selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'additif répond à la formule:



30

de 3 à 100.

11. Feuillard selon la revendication 6, caractérisé en ce que A est constitué d'un groupement ester, éther, amine ou amide.

35

12. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce que L est constitué par une chaîne hydrocarbonée d'un acide gras comportant au moins 14 atomes de carbone.

5

13. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce que L est constitué par une chaîne hydrocarbonée d'un acide gras et A est un lien chimique de type ester ou éther, ou représente un groupement  
10 carboxylate provenant d'un ester d'acide gras.

14. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce que B est constitué de polyéthers ou de polyamines de poids moléculaire supérieur à 150.

15

15. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit additif comporte des motifs oxyéthylène ou oxypropylène.

20 16. Feuillard selon la revendication 2, caractérisé en ce que le groupement T est un radical alcoxy, alkyl, acryloyle ou méthacryloyle.

17. Feuillard selon la revendication 3, caractérisé  
25 en ce que A'-L' est identique à A-L.

18. Feuillard selon la revendication 3, caractérisé en ce que T comporte une fonction chimique apte à la fixation covalente de la partie anionique d'un sel  
30 métallique.

19. Feuillard selon la revendication 18, caractérisé en ce que le sel métallique est un sel de lithium.

20. Feuillard selon la revendication 3, caractérisé en ce que le groupement terminal comporte un sel de lithium greffé chimiquement par l'anion.
- 5 21. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'additif est constitué d'un distéarate de polyoxyéthylène dont le segment B correspond à une masse moléculaire comprise entre 150 et 4000.
- 10 22. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il renferme environ 0,01 à 10% en poids d'additif.
23. Feuillard selon la revendication 22, caractérisé  
15 en ce qu'il renferme environ 0,2% en poids d'additif.
24. Feuillard tel que défini dans l'une des revendications 1 à 23, constituant une anode dont l'épaisseur de l'anode est comprise entre 0,5 et 50  
20 microns.
25. Anode à base de lithium réalisée à partir d'un feuillard de lithium recouvert d'une couche mince de l'additif tel que défini dans l'une des revendications  
25 1 à 20 dont l'épaisseur est comprise entre 0,01 et 50  $\mu\text{m}$  mis en contact direct avec un feuillard comportant du carbone ou des métaux susceptibles de former chimiquement un alliage de lithium ou un composé d'intercalation du lithium.
- 30 26. Générateur électrochimique à électrolyte polymère comportant une anode de lithium mise en forme avec un feuillard selon l'une des revendications 1 à 23, dans lequel un sel de lithium libre est présent  
35 dans l'électrolyte de façon à former par diffusion un

complexe conducteur électrolyte avec la chaîne B de l'additif.

27. Générateur électrochimique comportant une anode de lithium mise en forme en utilisant l'additif défini selon une des revendications 1 à 23, dans lequel ce dernier est soluble dans l'électrolyte.

28. Utilisation d'un additif ou d'un feuillard tels que définis dans l'une quelconque des revendications 1 à 23 pour la mise en forme par laminage de films de métaux alcalins ou de leurs alliages servant d'anodes dans un générateur électrochimique à électrolyte polymère.

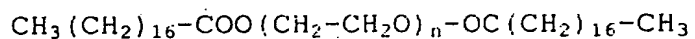
29. Procédé de laminage destiné à l'obtention de films minces de métaux alcalins ou de leurs alliages, à partir d'un feuillard d'un desdits métaux ou alliages selon lequel on fait passer le feuillard entre des rouleaux de travail avec un lubrifiant de laminage pour laminier le feuillard en film mince, caractérisé en ce que le lubrifiant comporte un additif tel que défini selon l'une quelconque des revendications 1 à 23.

30. Feuillard selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit additif est dilué dans un solvant choisi parmi les hydrocarbures linéaires, les hydrocarbures cycliques et les hydrocarbures aromatiques.

31. Feuillard selon la revendication 30, caractérisé en ce que ledit solvant est choisi parmi l'heptane, le benzène, le toluène, le cyclohexane et un mélange de ces derniers.

32. Feuillard selon la revendication 30, caractérisé en ce que ledit solvant est choisi parmi les solvants aprotique compatibles avec le lithium.

- 5 33. Un agent lubrifiant pour la mise en forme de feuillard de métal alcalin, ledit agent lubrifiant comprenant un mélange d'hexane, de toluène secs, et un distéarate de polyoxyéthylène de concentration comprise entre 0,1% et 5% p/p dont la formule générale  
10 est:



où n varie entre 3 et 100.

15

34. Un agent lubrifiant tel que défini à la revendication 33 caractérisé en ce que n est choisi de sorte que le segment polyoxyéthylène  $(\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{O})_n$  ait une masse moléculaire comprise entre 150 et 4000.

2099526

L'invention concerne des additifs qu'on peut utiliser comme lubrifiants de laminage ou faisant partie de lubrifiants de laminage. L'invention se rapporte aussi à des compositions comportant ces  
5 additifs et qui peuvent être utilisées dans le laminage de feuillard notamment de lithium en vue d'obtenir des films minces, lesquels peuvent être utilisés tel que dans la production des générateurs électrochimiques aux électrolytes polymères. Au  
10 surplus, l'invention concerne l'utilisation des additifs en soi ou des compositions les renfermant pour la mise en forme par laminage de films de métaux alcalins ou de leurs alliages pouvant servir d'anodes dans des générateurs électrochimiques de  
15 préférence aux électrolytes polymères. L'invention se rapporte aussi à un procédé de laminage utilisant ces additifs ou des compositions les renfermant comme lubrifiants de laminage.

La production de films minces de lithium  
20 ayant des épaisseurs inférieures à 75 micromètres et en bandes larges, notamment 5 centimètres et plus et en longueurs de plusieurs dizaines de mètres, par des procédés rapides et fiables, se heurte à des difficultés techniques importantes attribuables aux  
25 propriétés physiques et chimiques extrêmes de ce métal; réactivité chimique, maléabilité, auto-soudure rapide par simple contact et adhésion forte sur la plupart des matériaux solides, notamment les métaux usuels.

30 Cette difficulté est confirmée par la difficulté d'obtenir des fournisseurs de métaux et de produits chimiques de spécialité, des films de lithium minces de 40 micromètres ( $\mu\text{m}$ ) et moins de surface ou de longueur suffisante, possédant un fini  
35 de surface et une qualité chimique adéquate pour

- 1 -

2099526

pouvoir être utilisés dans des générateurs au lithium.

Actuellement, l'extrusion à froid est utilisée pour obtenir en continu des feuillets 75  $\mu\text{m}$  et plus. Ces épaisseurs sont généralement adaptées à la fabrication de générateurs au lithium utilisant des électrolytes liquides. Pour des épaisseurs inférieures, les films obtenus par extrusion sont ensuite laminés entre des rouleaux en plastique dur. Ces procédés ont été décrits et sont utilisés commercialement pour la production de quantités limitées de feuillets de 30-75 microns. On se référera particulièrement à U.S. 3.721.113, inventeur Hovsepian et daté du 20 mars 1973. Plusieurs passes successives sont selon l'état de l'art actuel nécessaires pour obtenir des films de 40-30  $\mu\text{m}$ .

D'autres procédés alternatifs ont été décrits pour obtenir des feuillets ultra minces, utilisés notamment pour la fabrication de générateurs à électrolyte polymère en films minces. C'est le cas par exemple pour un procédé par laminage entre des rouleaux d'acier protégés par des films de plastique dur et non-réactif vis-à-vis du lithium, tel que décrit dans le brevet U.S. 3.721.113 ou encore pour des procédés basés sur l'enduction par mouillage du lithium à l'état fondu sur un support métallique ou plastique, décrit dans U.S. 4.824.746, inventeurs André Bélanger et coll, et daté du 25 avril 1989.

La difficulté de pousser le laminage du lithium jusqu'à des épaisseurs variant entre 40 et 5 microns pour la réalisation de générateurs à électrolyte polymère tient principalement à la réactivité et à l'adhésion du métal laminé avec les matériaux en contact avec lesquels il est mis: rouleaux de laminage, films plastiques de

2099526

protection, additifs de laminage, ainsi qu'aux  
mauvaises propriétés mécaniques des feuillets  
minces. Par exemple, un film de lithium de 20  $\mu\text{m}$  et  
de 10 cm de largeur se rompt sous une tension  
5 d'étirement supérieure à 579,13 KPa ce que ne permet  
pas de tirer sur le film sortant du laminage ou de  
le décoller des rouleaux de laminage si le lithium y  
adhère tant soit peu.

Une approche habituellement utilisée pour le  
10 laminage ou le calandrage poussé de métaux durs,  
tels que le fer et le nickel, est basée sur l'emploi  
d'additifs de laminage liquides constitués de  
solvants organiques contenant ou non des graisses ou  
lubrifiants. Citons les acides gras ou leurs  
15 dérivés comme par exemple, les acides et les alcools  
lauriques ou stéariques, notamment les composés  
connus sous les marques de commerce KPAL 1012 de la  
compagnie Ethyl Corporation, U.S.A., qui sont des  
mélanges d'alcools linéaires primaires en  $\text{C}_{10}\text{-C}_{12}$ .

20 Pour le lithium et tout particulièrement  
pour le lithium destiné à des générateurs  
électrochimiques, l'usage de tels additifs se heurte  
à deux difficultés majeures:

1) la réactivité chimique du lithium mis en  
25 contact avec des solvants ou des lubrifiants  
comportant des fonctions organiques réactives,  
telles que les acides organiques et les alcools.  
Ces fonctions réagissent à la surface du lithium  
durant ou après le laminage et créent des films de  
30 passivation à la surface du métal qui nuisent au bon  
fonctionnement des générateurs électrochimiques  
surtout lorsque ces derniers sont destinés à être  
rechargeables;

2) la difficulté d'éliminer les lubrifiants  
35 ou graisses mis en contact avec le lithium après le  
laminage. C'est le cas, par exemple, lorsque l'on

- 3 -

2099526

choisi des lubrifiants majoritairement constitués de chaînes hydrocarbonées, parce que peu réactives avec le lithium. Ces composés constituent des isolants électriques nuisibles au bon fonctionnement des électrodes de lithium réalisées avec ces feuillets.

5 De tels lubrifiants sont peu solubles dans les électrolytes polymères et doivent donc être éliminés de la surface du lithium par lavage après laminage. Outre le fait que le lavage de la surface du lithium est une opération délicate et coûteuse à réaliser,

10 on constate que cette opération a inévitablement pour effet de contaminer la surface du lithium, malgré toute la rigueur qui peut être mise en oeuvre pour contrôler la qualité de la surface du métal.

15 Ce dernier réagit en effet irréversiblement avec toutes les impuretés, dont l'eau, contenues dans les solvants de lavage ou résultant de contaminations accidentelles.

On peut montrer que le lithium obtenu par un procédé de laminage avec additif suivi d'un lavage ultérieur est généralement plus contaminé en surface qu'un lithium laminé sans additif. Ce phénomène peut être observé à l'aide de moyens optiques, y compris la simple inspection visuelle ou par le

25 contrôle de l'impédance de piles électrochimiques réalisées à partir d'électrolytes polymères. D'autre part, le laminage sans solvant et sans lubrifiant se traduit par des vitesses de production faibles et par une tendance du lithium frais à

30 coller aux rouleaux ou aux films de protection des rouleaux; de plus, plusieurs laminages successifs sont alors requis pour descendre à des épaisseurs de feuillets inférieures à 40 micromètres.

La présente invention a pour objet de résoudre le problème du laminage ou du calandrage de films de lithium, à des épaisseurs comprises entre

35

2099526

40 et 5  $\mu\text{m}$ , qui soient utilisables directement dans des batteries au lithium en films minces, notamment dans des batteries à électrolyte polymère.

L'invention a aussi pour objet de proposer  
5 des additifs de lubrification chimiquement compatibles avec le lithium et qu'on peut utiliser dans un procédé de laminage ne nécessitant pas de lavage ultérieur de la surface du lithium laminé.

Un autre objet de l'invention réside en une  
10 composition constitué d'un lubrifiant de laminage comportant un solvant approprié ainsi qu'un additif à deux fonctions.

Un autre objet de l'invention porte sur une amélioration au procédé de laminage du lithium en  
15 présence d'un lubrifiant amélioré.

Un autre objet de l'invention est de proposer des additifs lubrifiants de laminage permettant de produire en une seule passe, du lithium extrêmement mince, notamment d'une épaisseur  
20 inférieure à 10  $\mu\text{m}$ , à des vitesses appréciables pouvant aller jusqu'à 50 m/min. et même plus, et ce avec un excellent contrôle des propriétés de surface: profil de surface uniforme et faible impédance de la couche de passivation lorsque les  
25 feuillards ainsi réalisés sont utilisés dans un générateur électrochimique.

Un autre objet de l'invention consiste en la mise au point d'un lubrifiant de laminage comportant un additif et des solvants, dans lequel ces derniers  
30 sont choisis pour leur compatibilité chimique avec le lithium destiné à un générateur électrochimique.

Telle qu'utilisée dans le présent mémoire descriptif et dans les revendications annexées, par compatibilité chimique d'un solvant ou d'un additif  
35 avec le lithium d'un générateur électrochimique, on entend l'absence de réaction chimique avec le

CA 02099526 2002-09-23

lithium ou encore, une réaction chimique limitée conduisant à la formation d'un film de passivation qui ne nuit pas aux échanges électrochimiques, à l'interface lithium/électrolyte dudit générateur.

- 5        Un autre objet de l'invention réside en la formulation chimique d'un lubrifiant de laminage non volatil choisi de façon à ce qu'il puisse se maintenir à la surface du lithium après le laminage et ce sans nuire au bon fonctionnement du feuillard de  
10    lithium (anode), lorsque ce dernier est utilisé tel quel dans un générateur électrochimique, c'est-à-dire sans aucune étape de lavage préalable.

- Un autre objet de l'invention porte sur un procédé de laminage amélioré utilisant des additifs  
15    selon la présente invention.

- L'invention porte sur le choix d'un composé chimique lubrifiant de poids moléculaire élevé comportant au moins deux segments de nature chimique différentes: une chaîne ou un segment de chaîne ayant  
20    une fonction de lubrifiant (A) telle que constituée, par exemple, par une chaîne hydrocarbonée comportant au moins 8 atomes de carbone associée à un segment de chaîne solvante (B), capable de dissocier  
25    ioniquement au moins en partie un sel métallique, notamment de lithium, telle qu'un segment de chaîne de polyoxyde d'éthylène. Le segment solvant contenu dans l'additif de lubrification est choisi de façon à pouvoir conférer une conductivité ionique à l'additif de lubrification.

- 30        Une façon préférée mais non limitative d'induire la conductivité ionique dans l'additif de lubrification est réalisée lorsque le lithium laminé est mis en contact avec l'électrolyte (polymère solvant + sel de lithium) du générateur. Le sel  
35    présent dans l'électrolyte diffuse alors dans la

CA 02099526 2003-07-15

partie solvatante de l'additif et constitue localement un complexe conducteur (chaîne solvatante + sel).

Le lubrifiant selon l'invention comprend au moins une séquence:

L-A-B

où:

L désigne un radical hydrocarboné, notamment alkyl, alkylène, linéaire ou cyclique ou aryl-alkyl, saturé ou non, préférentiellement de plus de 8 carbones servant de segment lubrifiant compatible avec le lithium;

B désigne un segment oligomère comportant des hétéroatomes notamment O ou N, et capable de solvater des sels, par exemple de lithium et d'assurer une conductivité électrolytique;

A désigne un lien chimique ou un groupement chimique au moins divalent unissant les chaînes ou segments de chaînes L et B.

Le segment solvantant B peut être relié à un groupement terminal T pour former la séquence L-A-B T, T étant alors choisi pour sa faible réactivité avec le lithium.

T peut désigner notamment un groupement A-L, identique ou différent du groupement A-L, un groupement radical alkyle, alkyl-aryle, de valence égale ou supérieure à 1, alcoxy, acryloyl ou méthacryloyl. Dans une variante, C est un groupement polymérisable susceptible d'être incorporé dans au moins une des unités de répétition constitutive de l'électrolyte polymère d'un générateur électrochimique. Dans une autre variante, T comporte un groupement ionophore plus ou moins dissociable capable d'induire une conductivité ionique intrinsèque dans l'additif

..

CA 02099526 2003-07-15

Des exemples de chaînes polymériques solvatantes sont données dans les brevets suivants: U.S. 4.303.748, inventeurs Michel Armand et coll. et daté du 1<sup>er</sup> décembre 1981, et U.S. 4.578.325, inventeurs Michel Armand et coll. et daté du 25 mars 1986. Les chaînes à base d'oxyde d'éthylène  $-(CH_2-CH_2-O)_n$ , d'oxyde de propylène  $-(CH_2-CH_2-(CH_2)-O)_n$  ou de poly-(N-méthyl-éthylèneimine)  $-(CH_2-CH_2-N(CH_3))_n$  ou leurs combinaisons sont généralement préférées, mais d'autres fonctions solvatantes peuvent également être utilisées pour autant qu'elles puissent induire une conductivité ionique dans l'additif de lubrification.

Dans le cas où le segment hydrocarboné provient d'un acide gras, le lien A est préférentiellement constitué par des groupes ester (L)-CO-O-(B) ou éther (L)-O-(B). A peut aussi représenter des groupements amine ou amide.

Selon une réalisation préférée de l'invention, le segment peut correspondre à la chaîne hydrocarbonée d'un acide gras comportant au moins 8 et de préférence de 10 à 30 atomes de carbone. C'est ainsi que par exemple, L peut être constitué par une chaîne hydrocarbonée d'un acide gras comportant au moins 14 atomes de carbone tel que l'acide stéarique et A est alors un lien chimique du type ester ou éther, ou peut représenter un groupement carboxylate provenant d'un ester d'acide gras.

Selon une autre réalisation préférée de l'invention, le segment B peut être constitué de polyéthers ou de polyamine de poids moléculaire supérieurs à 150.

Selon une autre réalisation préférée de l'invention, le groupement terminal T peut aussi comporter une fonction chimique apte à la fixation

CA 02099526 2003-07-15

covalente d'un sel métallique, notamment un sel de lithium.

Selon une autre réalisation préférée de l'invention, le lien chimique T peut comporter un sel de lithium greffé chimiquement par l'anion au moyen  
5 d'une ou plusieurs insaturations.

L'invention porte aussi sur un film de lithium recouvert d'une couche mince de l'additif défini ci-dessus, dont l'épaisseur du film étant compris entre  
10 0,01 et 50 microns, de préférence entre 0,5 et 50 microns.

Un autre aspect de l'invention concerne une anode à base de lithium réalisé à partir d'un feuillard de lithium recouvert d'une couche mince de  
15 l'additif défini ci-dessus, l'épaisseur de l'anode étant comprise entre 5 et 50 µm, mis en contact direct avec un feuillard comportant du carbone ou des métaux susceptibles de former chimiquement un alliage de lithium ou un composé d'intercalation du lithium.

L'invention porte aussi sur un générateur électrochimique à électrolyte polymère comportant une anode de lithium mise en forme comme indiqué ci-dessus, dans lequel un sel de lithium libre est  
20 présent dans l'électrolyte de façon à former par diffusion un complexe conducteur électrolyte avec la chaîne B de l'additif, ce dernier pouvant être soluble dans l'électrolyte.

Selon une autre réalisation de l'invention, on prévoit l'utilisation d'un additif ou d'une  
30 composition tels que définis ci-dessus pour la mise en forme par laminage de films de métaux alcalins ou de leurs alliages pouvant servir d'anodes dans les générateurs électrochimiques à l'électrolyte polymère.

CA 02099526 2002 02 23

L'invention concerne enfin un procédé de laminage destiné à l'obtention de films minces de métaux alcalins ou de leurs alliages, à partir d'un feuillard d'un desdits métaux ou alliages selon lequel on fait passer le feuillard entre des rouleaux de travail avec un lubrifiant de laminage pour laminer le feuillard en film mince, caractérisé en ce que le lubrifiant comporte un additif ou une composition tels que définis ci-dessus.

Un additif particulièrement intéressant est un distéarate de polyoxyéthylène dont le segment solvant correspond à une masse moléculaire comprise entre environ 150 et 4000.

Les compositions selon l'invention renferment de préférence 0,01 à 10% en poids d'additif, plus spécialement environ 0,2%. Quant au solvant, il peut être choisi parmi les hydrocarbures linéaires saturés ou partiellement insaturés, cycliques ou aromatiques ou non, par exemple l'heptane, le benzène, le toluène, le cyclohexane ou un mélange de ces derniers. Il peut aussi être choisi parmi les solvants aprotiques compatibles avec le lithium.

Une formulation particulièrement avantageuse consiste à utiliser une famille de composés du type: L-A-B-A-L basée sur des diesters d'acides gras, notamment les distéarates de polyéther glycol, notamment les composés:  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COO}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n-\text{OC}(\text{CH}_2)_{15}-\text{CH}_3$ , où n varie préférentiellement de 3 à 100. Des composés comportant des segments polyéther de poids moléculaire de 200, 400, et 600 sont disponibles commercialement de la compagnie Polyscience, notamment distéarate POE 400 Aldrich No 30541-3.

Les segments stéarates ont d'excellentes propriétés de lubrification et leurs chaînes

CA 02099526 2002 09 23

hydrocarbonées sont inertes vis-à-vis du lithium; dans ce cas le lien A est assuré par le groupe carboxylique de l'acide gras de départ. Le groupement terminal T est alors constitué d'un segment A'-L' identique à L-

5 A.

Il a été constaté qu'une chaîne centrale de polyéther, de bas poids moléculaire, le distéarate POE 200 suffit à donner aux composés lubrifiants une conductivité ionique de l'ordre de  $3 \times 10^{-3}$  S.cm à l'ambiante lorsqu'un sel de lithium tel que le Li (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NLi est ajouté dans un rapport tel que le rapport O/Li est de 30/1. Cette valeur est amplement suffisante pour assurer les échanges ioniques à l'interface lithium/électrolyte dans un générateur électrochimique compte tenu de la faible épaisseur du dépôt résiduel de lubrifiant après laminage.

Ces formulations préférées sont données à titre d'exemple des modes de réalisation possibles de l'invention. D'autres fonctions lubrifiantes et solvatantes L et B peuvent être utilisées ainsi que d'autres liens A. À titre d'exemple non limitatif le lecteur pourra consulter les ouvrages suivants traitant des types de chaînes solvatantes:

• Polymer Electrolytes review-1, J.R. MacCallum & C.A. Vincent eds. Elsevier Applied Science London (1987);

• Polymer Electrolytes review-2, J.R. MacCallum & C.A. Vincent eds. Elsevier Applied Science London (1989);

30 • Solid Polymer Electrolytes, P.M. Gray VCH Publisher New-York, Weinheim (1991); ainsi que

• Surface Active Ethylene Oxide Adducts, par V. Schoenfeldt-Pergamon Press, (1966).

La préparation des additifs selon la présente invention est bien connue de l'homme de

2099526

l'art et n'a pas à être discutée en détail dans le présent contexte. Qu'il suffise de mentionner que tout chimiste versé dans l'art n'aura aucun problème à synthétiser l'additif désiré une fois établies les chaînes solvatantes et lubrifiantes et le lien chimique que l'on désire utiliser.

5        Lors du laminage, il est généralement préférable de diluer les lubrifiants de l'invention dans un ou des solvants compatibles avec le lithium  
10        qui sont préférentiellement des hydrocarbures linéaires, saturés ou partiellement insaturés, ou encore cycliques, aromatiques, ou non tels que l'heptane, le benzène, le toluène, le cyclohexane ou tout autre solvant organique aprotique pré-déshydraté  
15        ou un mélange de ceux-ci. Cette dilution permet de réduire au minimum la quantité de lubrifiant requise et d'obtenir des qualités optimales de lithium pour l'usage en générateur électrochimique. Ces solvants sont préalablement déshydratés, par exemple sur  
20        tamis moléculaire, pour abaisser la teneur en eau en-dessous de 100 ppm. Les concentrations des additifs peuvent varier jusqu'à environ 10% en poids par exemple entre 0,01 et 10% en poids, de préférence 2,2% en poids. L'addition du lubrifiant  
25        en solution est faite de façon contrôlée juste avant le laminage entre les rouleaux. Le film laminé est séché en continu avec de l'air sec dès la sortie des rouleaux et ensuite enroulé avec ou sans un film séparateur en plastique inerte, de préférence en  
30        polypropylène ou en polyéthylène.

L'invention sera mieux comprise par les dessins annexés donnés à titre purement illustratifs mais sans caractère limitatif, dans lesquels:

la figure unique est un schéma représentatif  
35        d'une opération de laminage utilisant un additif selon la présente invention.

C.

CA 02099526 2002-09-23

On verra qu'un feuilard de lithium 1 d'une épaisseur d'environ 250 micromètres fixé sur un dérouleur (non illustré) est passé entre deux rouleaux de travail 3 et 5 en polyacetal. On applique une  
5 pression suffisante aux deux rouleaux dans les sens indiqués par les flèches 7 et 9 pour réduire l'épaisseur du feuilard d'environ 90%. À l'entrée du feuilard 1 entre les rouleaux de laminage, on déverse un lubrifiant de laminage 11, notamment du toluène à  
10 partir d'un bec verseur 13.

À la sortie des deux rouleaux de laminage, le feuilard de lithium s'est transformé en un film 15 dont l'épaisseur se situe à environ 25 micromètres. D'autre part, on s'apercevra que le film 15 reste  
15 accolé à la surface du rouleau 3 depuis le point de rencontre 17 entre les deux rouleaux 3 et 5 jusqu'en un point donné limite 19 sur la circonférence du rouleau 3 formant un angle  $\alpha$  d'environ  $90^\circ$  avec le point de rencontre 17.

20 On enroule ensuite le film 15 sur un enrouleur (non illustré) avec suffisamment de tension, déterminée empiriquement pour d'une part faire décoller le film 15 du point 19 et le ramener  
25 graduellement au point 21 d'où l'opération se poursuivra sans autre changement.

Normalement, au point 21, l'angle formé  $\beta$  sera d'environ  $45^\circ$  étant entendu que cet angle pourra varier selon les circonstances et les propriétés  
désirées du film de lithium 15.

30 Une façon avantageuse de réaliser l'invention consiste en un procédé de laminage en une seule passe, entre deux rouleaux de plastique dur. Cette procédure préférentiellement réalisée en une seule passe met en  
35 jeu un contrôle de l'adhésion sur l'un des rouleaux plastiques de

2099526

façon à tirer le lithium selon un angle privilégié et à contrôler sa planéité.

D'autres procédés de laminage utilisant des rouleaux métalliques sont également possibles en utilisant ces additifs. Ainsi, on pourrait pré-enduire les rouleaux métalliques avec du lubrifiant de manière à minimiser l'adhésion. Toutefois la concentration ainsi que la nature chimique des additifs selon la présente invention doivent être ajustés en fonction des vitesses de production envisagées.

Ces additifs sont également applicables au laminage d'alliages riches en lithium tels les alliages lithium-bore ou lithium-magnésium ou encore au laminage d'autres métaux alcalins, notamment le sodium ou les alliages sodium-plomb.

Le procédé, les compositions et les additifs selon la présente invention sont également applicables à la mise en oeuvre d'anodes de lithium utilisées dans des générateurs à électrolytes liquides dans la mesure où le film résiduel est conducteur ou soluble dans l'électrolyte. De même, le procédé et les additifs selon la présente invention peuvent être utilisés pour préparer chimiquement des anodes de lithium alliées ou à base de carbone-lithium.

De façon avantageuse mais non limitante, il est possible d'utiliser comme additif de l'invention, les produits chimiques suivants:

Les distéarates de polyoxyde d'éthylène dont le segment solvant possède une masse molaire équivalente (mol. st.) de 200, 400 et 600, par exemple le distéarate 400 de Aldrich No. 30541 - 3.

Les agents surfactants non-ioniques: BRIJ® de la compagnie ICI America disponibles chez Aldrich sous les numéros de catalogue:

2099526

85,836-6 Brij® 35  
 23,589-7 Brij® 58  
 23,600-4 Brij® 78  
 23,865-1 Igepal® CO-720  
 23,869-4 Igepal® DM-970

5

D'autres produits possibles sont représentés

par:

Les distéarates (dilaurates, dipalmitates, dioléates)

- 10 - de POE (200-4000 mol. wt.)  
 - de polypropylène glycol (725, 1000, 2000, 3000)  
 - de Pluronic® (OE-OP blocs)  
 - de polytétraméthylène oxyde (poly THF)  
 15 (650, 1000, 2000).

Les éthers di hexadécylique du POE (200-4000 poids mol.).

Les dicholesterylcarbonates de POE 200-4000.

- 20 Les tristéarates (laurates, palmitates, oléates) de POE, triol (200-4000) (DKS).

Les monostéarates (laurates, palmitates, oléates)

- de BRIJ (35, 58, 78)  
 - d'Igepal (CO-720, DM-970).

- 25 Les polyméthacrylates d'oligo-oxyéthylène-monolauryléther.

Il est souvent préférable d'utiliser des solvants compatibles avec le lithium pour diluer les additifs de lubrification. Ces derniers sont  
 30 préférentiellement des hydrocarbures linéaires. Les concentrations des additifs peuvent alors varier entre quelques dizaines de pourcent P/P et moins de 0,05% P/P.

- 35 Le lithium produit en utilisant les additifs de la présente invention peut être utilisé tel que dans des générateurs à électrolytes polymères. La

CA 02099526 2002-09-23

demande de brevet canadien no 2.068.290 déposée le 8 mai 1992 décrit une façon de réaliser un générateur complet et diverses façons d'établir des contacts électriques sur le feuillard de lithium. Dans ces cas, l'additif de laminage est rendu conducteur électrolyte par la diffusion du sel de lithium en provenance du film d'électrolyte du générateur.

Dans certains cas, la couche résiduelle de lubrification peut être plus ou moins dissoute ou dispersée dans l'électrolyte, notamment quand ce dernier est de basse masse moléculaire ou comprend des solvants aprotiques liquides.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront d'ailleurs de la description suivante d'exemples de réalisations donnés à titre illustratif mais nullement limitatif.

#### Exemple 1

Dans cet exemple on démontre l'effet déterminant d'un additif préféré de l'invention sur le laminage en continu et en une seule passe d'un film de lithium de moins de 30 micromètres ( $\mu$ ). Le dispositif utilisé est celui décrit à la Figure 1 et le laminage est effectué dans une atmosphère anhydride contenant moins de 1% d'humidité relative. Les rouleaux sont constitués de polyacetal et ont un diamètre de 20 mm; le lithium de départ est constitué d'un feuillard extrudé de 250 micromètres ( $\mu$ ) d'épaisseur. Les solvants et au besoin d'additif sont préalablement déshydratés sur tamis moléculaire afin d'obtenir une concentration d'eau inférieure à 10 ppm.

Dans un premier temps, on tente de laminier en continu un feuillard de lithium de 57 mm de largeur et de l'amincir en une seule passe à 25 $\mu$ . Lorsqu'aucun liquide lubrifiant n'est utilisé lors

2099526

du laminage, le lithium colle immédiatement sur les rouleaux et le procédé ne fonctionne pas; avec l'ajout d'hexane, le laminage est impossible à réussir à moins de réduire considérablement le taux d'aminocissement du feuillard. Au mieux nous avons pu obtenir un lithium de 90  $\mu$  en une seule passe dont la planéité du film est extrêmement mauvaise. Donc, l'hexane, tel qu'employé dans l'art antérieur, n'a pas les qualités lubrifiantes suffisantes pour être utilisé seul dans un procédé continu à une seule passe pour obtenir un lithium de moins de 25  $\mu$ .

Lorsque le laminage est effectué avec un liquide lubrifiant constitué de toluène, ajouté au rythme de 9 ml/min. sur un feuillard extrudé de 57 mm de largeur, le laminage en continu de lithium à 25  $\mu$  devient possible et une vitesse maximale de 5 m/min. est obtenue en laissant adhérer le film laminé au rouleau supérieur au quart de sa hauteur (angle de 45°), tel qu'illustré à la Figure 1 de la demande de brevet canadien ci-haut mentionnée. Cette opération permet de contrôler parfaitement la tension appliquée sur le film libre et donne un lithium de planéité excellente. Des longueurs de quelques dizaines de mètres peuvent ainsi être obtenues en continu. Le passage rapide en cours d'opération du toluène à l'hexane, fait remonter instantanément l'épaisseur du lithium à environ 90  $\mu$  et on retrouve un lithium de très mauvaise planéité.

L'intérêt des additifs de l'invention est démontré en utilisant un lithium extrudé de 250  $\mu$  de 143 mm de largeur. Le dispositif des essais précédents est utilisé avec une solution d'hexane et de toluène dans un rapport 9:1 contenant un distéarate POE 200 (poids mol.) à la concentration de 0,2% p/p. Un excès de solution lubrifiante est

2099526

ajouté sur le feuillard de lithium extrudé au taux de 6 ml/min. Dans ces conditions un film de lithium de 22  $\mu$  d'excellente planéité est obtenu en une seule passe à une vitesse de laminage de plus de 20 m/min. Ce procédé encore non-optimal permet en outre de produire des rouleaux de feuillards laminés de plus de 300 mètres de long dont l'épaisseur est constante à plus ou moins 2  $\mu$ . Les productions successives sont très reproductibles d'un essai à l'autre et les taux de pertes ou interruptions du procédé sont négligeables; des productions plus importantes sont ainsi possibles à partir de rouleaux lithium extrudés plus longs ou à partir d'une alimentation du laminoir directement à partir d'une extrudeuse.

#### Exemple 2

Le lithium de 22  $\mu$  produit en utilisant l'additif de l'exemple 1 est utilisé comme anode d'un générateur au lithium fonctionnant à 60°C. L'aspect visuel du lithium est excellent, lithium brillant sans aucune coloration, et le profil de surface obtenu au Dektak® (modèle 3030 de la compagnie VEECO U.S.A.) fluctue en-deça de 3  $\mu$ . Pour cet essai de laboratoire, le feuillard de lithium est légèrement appliqué sous pression à un feuillard de nickel mince pour assurer la collection du courant. L'électrolyte utilisé est constitué d'un électrolyte polymère constitué d'un copolymère de l'oxyde d'éthylène et de méthylglycidyl éther et d'un sel de lithium, le  $(CF_3SO_2)_2NLi$  dans un rapport oxygène sur lithium (O/Li) de 30/1. La cathode composite est constituée d'oxyde de vanadium et de noir de carbone dispersés dans de l'électrolyte polymère et possède une capacité de 5 C/cm<sup>2</sup>. La surface active de la pile ainsi constituée est de 3,9 cm<sup>2</sup>. L'impédance initiale de cette pile à 60°C

2099526

est de 15  $\Omega$ , c'est-à-dire équivalent ou inférieure aux meilleurs lithium obtenus commercialement. Les propriétés de cyclage de cette pile utilisant le lithium de l'exemple 1 sont excellentes après 100 cycles et le taux d'utilisation de la pile demeure au moins équivalent aux piles semblables réalisées avec du lithium commercial, soit environ 90% de la valeur initiale stabilisée après 10 cycles. Cet exemple confirme que la présence du distéarate de POE non-volatil laissé à la surface du lithium ne nuit pas au bon fonctionnement du générateur. Ce résultat s'explique par la conductivité électrolytique engendrée par la présence du segment POE solvantant de l'additif et par la compatibilité chimique de ce dernier avec le lithium. Dans un essai indépendant, la conductivité électrolytique de cet additif, lorsque la teneur en sel  $(CF_3SO_2)_2NLi$  est de 30/1, est d'environ  $1 \times 10^{-5}$  S.cm.

### Exemple 3.

Dans cet exemple nous avons évalué à la température de 25°C l'impédance de piles symétriques  $Li^+/électrolyte\ polymère/Li^+$  réalisées à partir de lithium laminé sans additif puis recouverts d'un excès de divers matériaux lubrifiants possibles.

La quantité de lubrifiant utilisé par unité de surface de lithium est de 0,03 mg/cm<sup>2</sup>. Cette valeur correspond à un excès de lubrifiant par rapport à ce qui est nécessaire pour le laminage selon l'exemple 1, mais le but visé est d'amplifier et d'accélérer l'effet électrochimique des divers additifs. Les valeurs d'impédances sont données pour des piles dont la surface active est de 3,9 cm<sup>2</sup>. L'électrolyte de l'exemple 1 est également utilisé pour la réalisation des piles qui sont assemblées par pressage à chaud sous vide.

2099526

Pour les divers matériaux utilisés, les résultats sont les suivants:

	Impédance
1) Le distéarate de POE 200 (mol. wt.)	113 $\Omega$
2) Le distéarate de POE 600 (mol. wt.)	113 $\Omega$
3) L'acide stéarique pure	840 $\Omega$
4) Le POE pur de masse molaire 500.	139 $\Omega$

Les valeurs observées confirment l'influence du segment POE sur la conductivité électrolytique des additifs et permettent de conclure que l'acide stéarique souvent utilisé comme lubrifiant de laminage de métaux conventionnels est incompatible avec le lithium en vue d'un usage dans un générateur électrochimique.

#### 15 Exemple 4.

Dans cet exemple on compare l'effet de divers additifs de laminage connus pour leurs propriétés lubrifiantes sur l'efficacité du laminage en une passe de lithium de 250  $\mu$  à environ 30  $\mu$ .

20 Pour effectuer ces comparaisons, on amorce le laminage dans des conditions semblables à celles de l'exemple 1 en utilisant l'additif de distéarate de POE 200. Lorsque le laminage est en cours, on change la composition de la solution en remplaçant  
25 le distéarate de POE par les autres additifs. L'effet de l'addition s'observe immédiatement en suivant l'épaisseur du film de lithium laminé, sa planéité et son apparence visuelle. Lorsque la solution contenant le distéarate est remplacée par  
30 une solution de stéarate d'éthyle de concentration 0,15% P/P, l'épaisseur du lithium monte brusquement de 40 à 90  $\mu$  et avec perte de planéité du lithium laminé.

35 Lorsque l'on passe à une solution de laminage à base du lubrifiant de laminage SPAL<sup>®</sup> 1012 (alcool linéaire en C<sub>10</sub>) de la compagnie américaine

CA 02099526 2002-09-23

Elhyl Corporation on constate que l'épaisseur du lithium laminé monte progressivement au-delà de 65  $\mu$  et le lithium produit devient collant sur le centre des rouleaux alors que les côtés deviennent  
5 irréguliers (ondulations).

Lorsque l'on passe à une solution de laminage à base de POE 5000 dans le toluène, on observe une remontée rapide de l'épaisseur du lithium laminé à 90  $\mu$  avec perte de planéité.

10 Ces essais illustrent l'importance des formulations à base de stéarates qui agissent comme lubrifiants et comportent des fonctions solvatantes, notamment à base de POE. Ces formulations privilégiées mais non-limitatives sont également  
15 supérieures à des additifs à base de POE pur en terme de procédé de laminage même si les propriétés de conducteurs électrolytiques sont dans ce cas adéquates comme illustré dans l'exemple 3.

#### Exemple 5

20 Dans cet exemple on remplace le stéarate de POE par d'autres composés de l'invention en conservant les autres conditions identiques. Les deux composés utilisés sont: le dicholestéryl-carbonate de POE 600 (mol.Wt.) et le dipalmitate de POE 4000.

25 Dans les deux cas la vitesse de laminage peut être maintenue et l'épaisseur du lithium laminé est sensiblement la même. Dans ces deux cas la planéité du lithium est conservée. Ces exemples confirment la généralité des formulations réunissant la fonction  
30 solvatante et la fonctions lubrifiante.

#### Exemple 6

Cet exemple décrit un composé selon l'invention dans lequel est inclus le groupement ionophore selon la formule L-A-B-T (où T comprend un

CA 02099526 2002-09-23

sel métallique dissociable permettant à l'additif L-A-B-T d'avoir une conductivité ionique intrinsèque). Ce type de composé est important comme additif de laminage lorsque le lithium laminé est destiné à être  
5 utilisé notamment dans des générateurs dont l'électrolyte comporte un sel dont l'anion est fixé chimiquement sur la chaîne polymérique.

Dans ce cas, il n'y a aucune possibilité de diffusion du sel de lithium et l'additif de  
10 lubrification doit comporter une fonction ionophore pour éviter de constituer un dépôt isolant à la surface du lithium.

Un tensio-actif non-ionique de type BRIJ 350, le polyoxyéthylène 23 lauryl éther  $C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)_{23}OH$  est  
15 sulfoné par la procédure suivante: 12 g de BRIJ 350 sont séchés par distillation azéotropique avec du benzène et lyophilisation. Après ajout de 50 ml de THF, les groupements OH terminaux sont métallés par l'hydru  
20 re de sodium en présence de 5 mg de triphénylméthane. La stoechiométrie est déterminée par colorimétrie, la fin de la réaction de la réaction étant indiquée par la persistance de la couleur rouge intense de l'anion  $\Phi_3C$ . On ajoute alors 1,4 g de 1,4  
butane sulfone. Après évaporation du solvant,  
25 l'oligomère sulfoné est obtenu sous forme de poudre. 5 g du produit ainsi formé en suspension dans 15 ml d'acétonitrile sont traités par 1 ml de chlorure de thionyle et 20 µl de diméthylformamide. Un précipité de chlorure de sodium se forme en 20 mn. Après  
30 filtration, le solvant et l'excès de  $SOCl_2$  sont évaporés sous pression réduite. Le résidu est solubilisé dans 30 ml de pyridine et ajouté à 1,2 g du sel de sodium du bis  
(trifluorométhanesulfonyl)méthane. Après filtration,  
35 le mélange réactionnel est agité en

CA 02099526 2002-09-23

présence de 1 g de phosphate de lithium  $\text{Li}_3\text{PO}_4$ . Une nouvelle filtration permet de séparer une solution incolore qui par concentration donne une cire. Ce matériau possède des propriétés tensioactives, de  
 5 lubrification et de conduction ionique.

Lorsqu'utilisé dans les conditions des exemples 1 et 5, ce matériau permet également le laminage du lithium dans des conditions équivalentes. Cet exemple est non-limitatif et d'autres matériaux équivalents  
 10 comportant une fonction ionophore plus ou moins dissociable peuvent également être utilisés.

#### Exemple 7

Un feuillard de lithium 1 extrudé de 250 micromètre d'épaisseur et de 163 mm de largeur est  
 15 utilisé comme matériel de départ. Celui-ci est fixé sur un dérouleur, passé entre des rouleaux de travail et le film fixé à un enrouleur. Une pression suffisante pour amincir le film est appliquée sur les rouleaux de travail. Ces rouleaux sont en polycétal et ont un diamètre de 20 mm. Le film est installé sur  
 20 l'appareil entre les rouleaux de travail. La pression sur les rouleaux est augmentée afin d'amincir le film d'environ 90%. Un lubrifiant est ajouté sur le film de lithium à un débit de 6 ml/min. Ce lubrifiant est  
 25 composé d'un mélange de solvants auquel on ajoute un additif de laminage, soit de l'hexane et de toluène secs dans un rapport 9: 1 et 0,2% p/p POE 200 distéarate de formule  $\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_n-(\text{COO}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n\text{OC}(\text{CH}_2)_n-\text{CH}_3$  où n est choisi de sorte que le segment polyéther possède une masse moléculaire de  
 30 200.

On laisse adhérer le film au quart de la hauteur du rouleau de travail afin de contrôler parfaitement la tension appliquée sur celui-ci. La pression  
 35 exercée sur les rouleaux est ajustée de

2099526

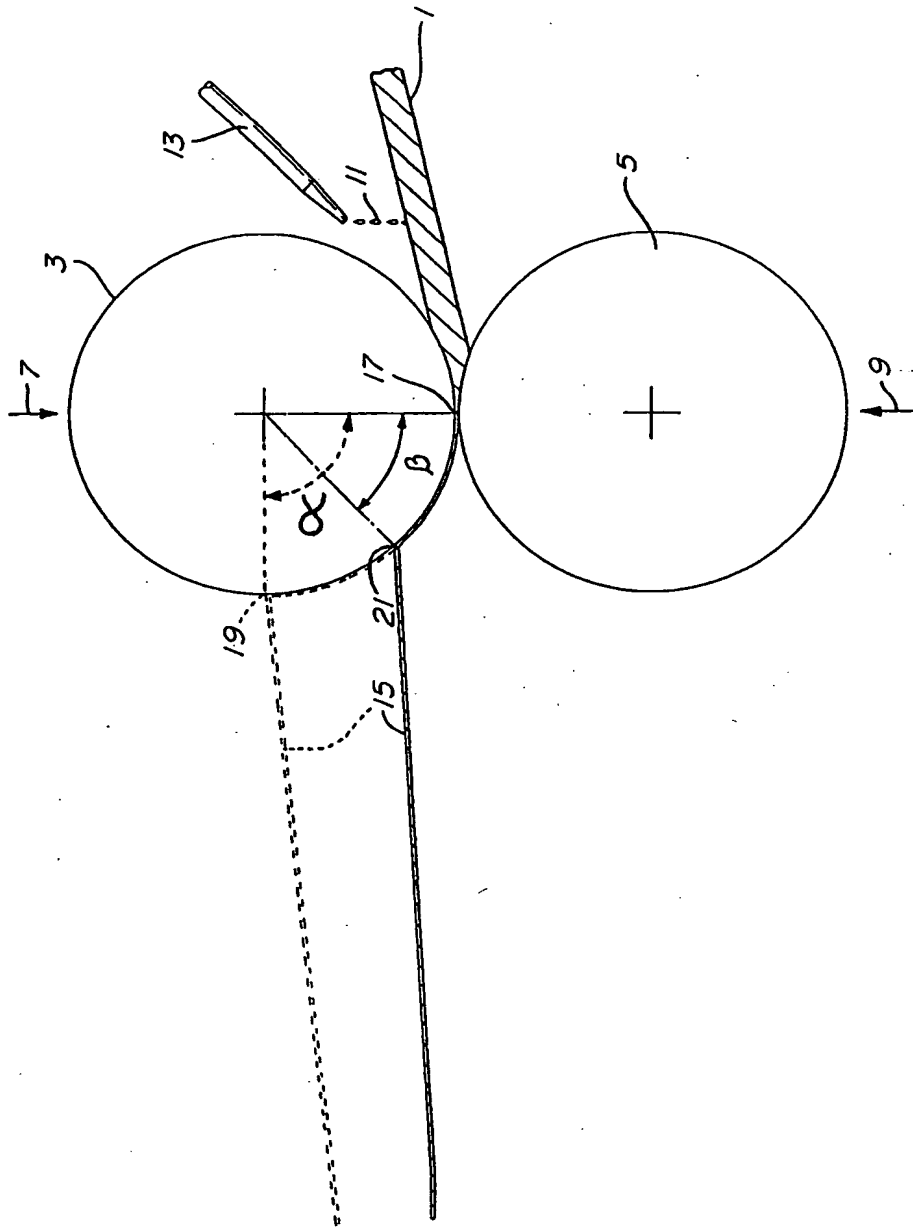
façon à obtenir en une seule passe un film de lithium de 25 micromètres d'épaisseur, homogène à  $\pm 2 \mu\text{m}$  et 300 mètres de longueur. On voit donc qu'on peut fonctionner en continu sans rejet.

- 5 Cet additif permet de porter la vitesse de laminage à 20 m/min. et d'obtenir un film de lithium mince d'excellente qualité.

C

- 24 -

2099526



PATENT AGENTS

*Barthley Ogilvy Renault*



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**